



Construção de paisagens eco-eficientes. Quais contribuições possíveis das biotecnologias florestais ?

René Pocard-Chapuis CIRAD / Embrapa Amazônia Oriental

Bernard Mallet CIRAD / INRA

Jean-Pierre Bouillet CIRAD / USP - ESALQ

Yann Nouvellon CIRAD / USP



A eco-eficiência, um caminho para agricultura, pecuária e floresta sustentável

- Desafio da agricultura em escala global : aumentar produção, necessidade de perenizar recursos naturais.
- A eco-eficiência visa a usar de forma mais eficiente os recursos naturais envolvidos na produção agrícola.
- Mecanismos dos agro-ecossistemas a serviço da produtividade agrícola (práticas agrícolas, manejo, organização espacial ...).
- Existem varias eco-eficiência, uma para cada recurso:
 - C (fertilidade do solo / matéria orgânica)
 - N (metabolismos, produtividade)
 - H²O (secas, adaptações mudanças climáticas ...)
 - ...
- Possíveis combinações, contradições, *trade-offs*
 - Eco-eficiência é um caminho possível para sustentabilidade, não uma receita
 - Alternativa ao uso sistemático de insumos sintéticos (também não é necessariamente contra)

A paisagem, quadro espacial para organizar eco-eficiência

- A paisagem: um arranjo espacial de componentes do agroecossistema: *localização* dos recursos naturais, coberturas e usos da terra, *interações* entre componentes, *dinâmica* temporal.
- Pode ser considerada em varias escalas (dimensão física): propriedade, microbacia, território municipal ...
- As práticas agrícolas podem ser organizadas de forma a otimizar o funcionamento deste agroecossistema.
- Nesta perspectiva de eco-eficiênciao papel da arvore e formações arbóreas pode ser central. E isso questiona especificamente as biotecnologias florestais.
- Dois exemplos : África do Oeste, Amazônia Brasileira.

Cerrados no sul de Mali: a eficiência das *savanas* - *parque*

- Planaltos com Cerrados, densos nas planícies, mais finos nos interflúvios.
- Sistemas iniciais de *corte e queima* com pousio, em formações finas
- Pacote técnico do algodão (60s): arado e tração animal, adubos químicos:
 - Desmatamento das planícies, cultivos permanentes em solos profundos
 - *Superpastejo* e degradação florestal nos interflúvios
 - Acabou com a floresta e seus recursos
- Formação de SAF “*savana parque*”, combinando cultivos anuais e árvores uteis multifuncionais. Funções beneficiam diferentes entidades sociais.
 - Ciclagem de nutrientes, física do solo,
 - Produtos comerciais (manteiga de karité, manga ...)
 - Alimentação humana, forragem,
 - Lenha.



Potencial para Biotecnologia florestal

- Instalação / Manutenção do parque por corte seletivo, controle de rebrotas, “*regeneração assistida*”
- Recentemente, novas praticas para eficácia agronômica e econômica : produtividade algodão e milho. Não renovar os parques, campos limpos.
- Problema a nível de família, comunidade. Problemas na fertilidade dos solos.
- Problemática atual = reintroduzir arvores uteis os *parques*
- Amplo campo para biotecnologias florestais
 - Quais espécies se adaptam ? *Acacia mangium*, *Acacia álvida*, outras leguminosas, eucalipto,
 - Novas funções surgem (construção, barreira verde ...), novas características (crescimento rápido ...)
 - Seleção e melhoramento
 - Produção de sementes e difusão

Limite para Biotecnologia florestal

- Não existe hoje sistema funcionando. Setor publico sem condições, setor privado não interessado.
- Como criar mercado atraente na Agricultura Familiar para biotecnologias e extensão, sendo que **a arvore é “apenas” multifuncional e não um carro chefe** para gerar renda / investimento ?
- Algodão : empresas e multinacionais
- Milho – Sorgo: conhecimentos e praticas tradicionais
- Arvores : não há atores privados para assumir biotecnologias em plantas não comerciais. Projetos pontuais não resolvam.

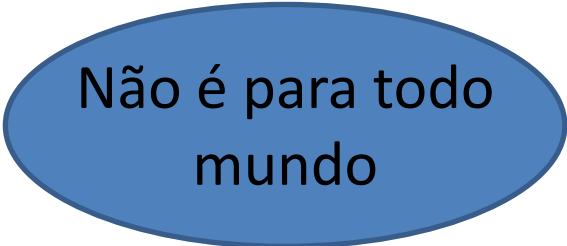
Frentes Pioneiras na Amazônia Brasileira

- Outro processo de desmatamento.
 - Leva a instalação de pastagens, sistematicamente na paisagem
 - As decisões de uso da terra têm motivos sociais: ocupar área, valorizar terra ...
 - Os recursos naturais sofrem exploração extrativa intensa, não há perenização e sim degradação.
- “Desmatamento zero” leva à gestão diferente dos RN
 - Acesso limitado aos recursos (fim da expansão horizontal)
 - Produtividade por área passa a ser prioritária
 - Processos de degradação precisam ser revertidos (H^2O , C, N, P ...)
- Reintrodução da árvore nas pastagens, um campo para biotecnologias florestais



Modelos tecnificados:

- Artificialização do agroecossistema
- Salto tecnológico
- Muita organização (trabalho, paisagem ...)
- Investimentos e riscos
- Assistência ?
- Acesso a insumos ?
- Poucas espécies, pouca flexibilidade
- ...

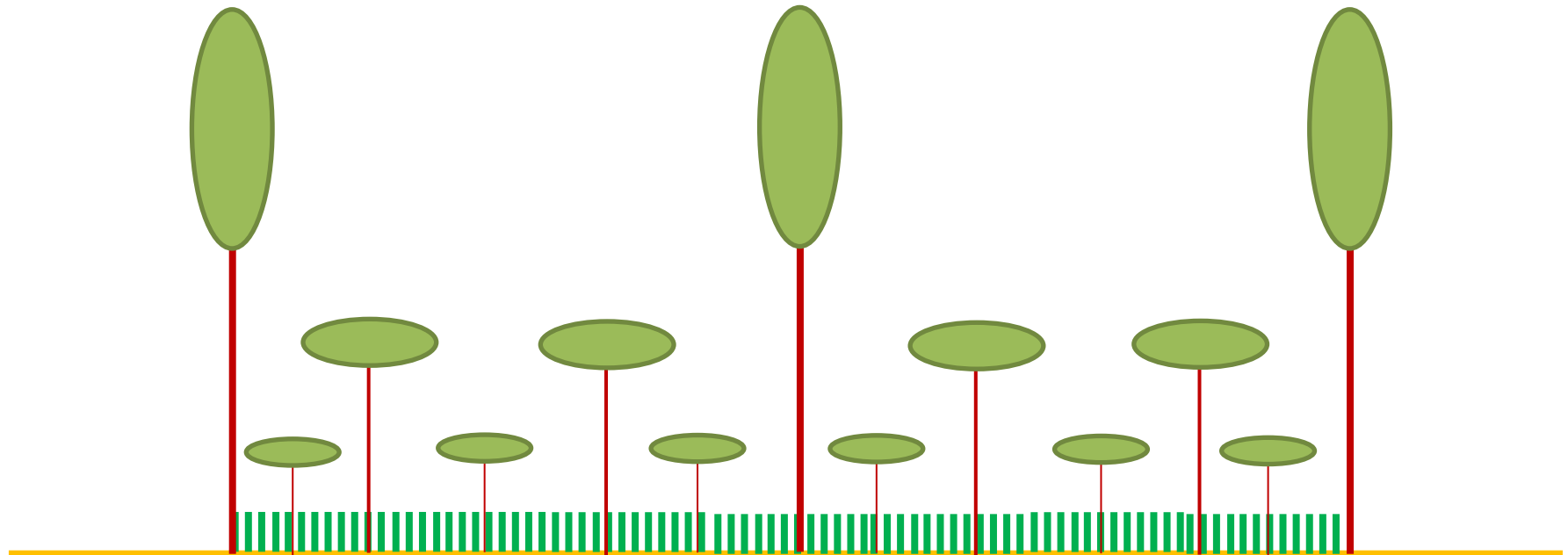


Não é para todo mundo

Agroecossistemas forrageiros

- Leguminosas e multi-estratos na pastagem
- Regeneração controlada

= melhorias nos ciclos C, N, H₂O,
Com menos entraves técnicos,
organizacionais, financeiros ...



Erosão
Lixiviação
Evaporação

Quebra
vento

Sombra
Adubação
verde

Forragem
Adubação
verde

...

Biotecnologias florestais pouco focam essa dinâmica

- Poucas espécies, nativas menos ainda
- Multifuncionalidade não é objetivo
- « Cadeia » das biotecnologias pouco voltada para pequenos produtores
- Potenciais na integração com grandes produtores:
 - Integração de mercado (ex: dendê, florestas energéticas descentralizadas ...)
 - Difusão de conhecimento (ex: pecuária bovina)

Plantações florestais e meio ambiente

Perguntas sobre os impactos ambientais das plantações
Água, Solo, Biodiversidade, Clima, ...

e sobre as interações "Plantações x cambio climatico"
Nível local: Produtividade, sobrevivência, doenças, ...
Nível global: mitigação, adaptação, ...

Precisa de **dados científicos**

Torná-los **plantações mais “eco-eficientes”**
Utilização otimizada dos recursos
Alta produtividade e qualidade,
Integração na paisagem

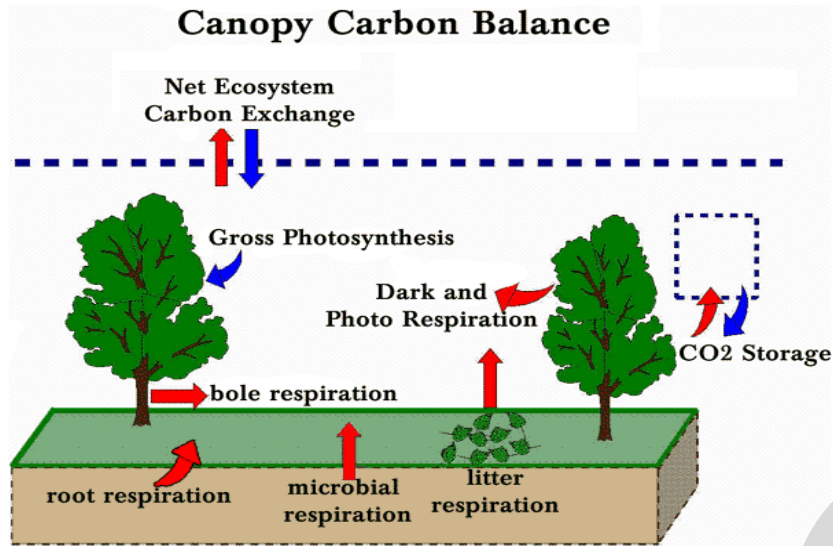


Um programa de pesquisa colaborativa franco brasileira por mais de 10 anos

Nucleo de pesquisa : CIRAD, Esalq e USP, IPEF,
e parceiros : INRA, Embrapa, Unesp, Empresas, ...



Abordagem biofísico da sustentabilidade das plantações



Ciclo do carbono

- Seqüestro C

Principais fluxos (fotossíntese, respiração ...)

Produção de biomassa

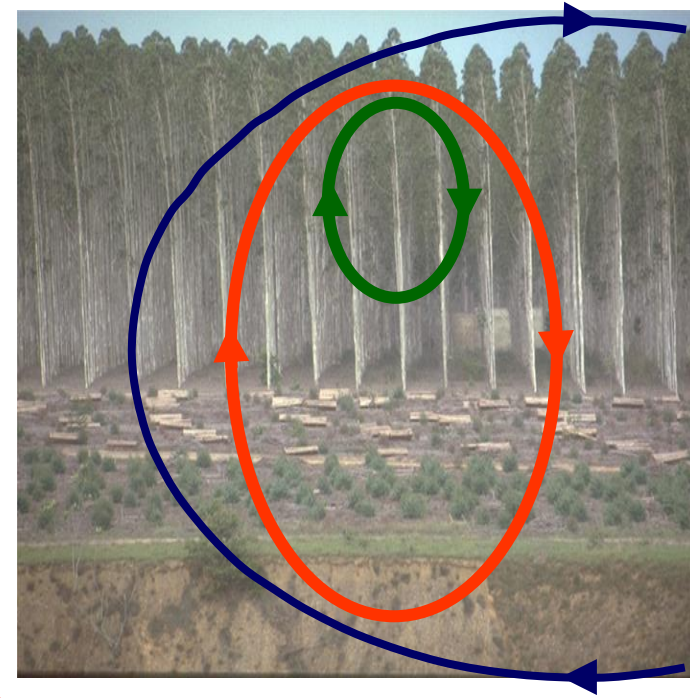
Estudos intensivos

Ciclo de água

- evapotranspiração, Regulação dos estômatos, Dinâmica da água no solo, Recarga de águas subterrâneas...

Ciclo de nutrientes

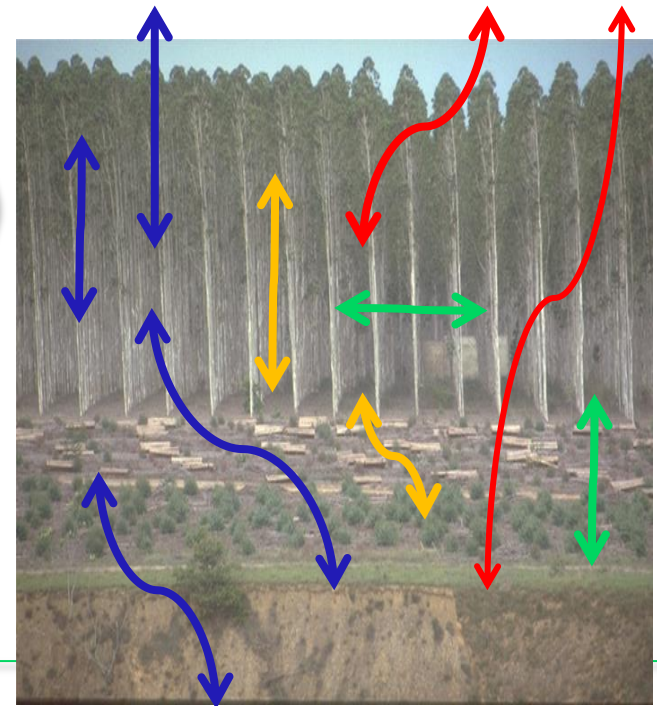
- Fluxo na ecosisteme
- Entada e saída do solo,
- Balanços por rotacao,...



Um dispositivo de pesquisa florestal integrado e instrumentado único no mundo na Estação de pesquisa florestal da Esalq / Itatinga.

Eucalyptus como “planta modelo”
(mais plantada no Brasil e no mundo)

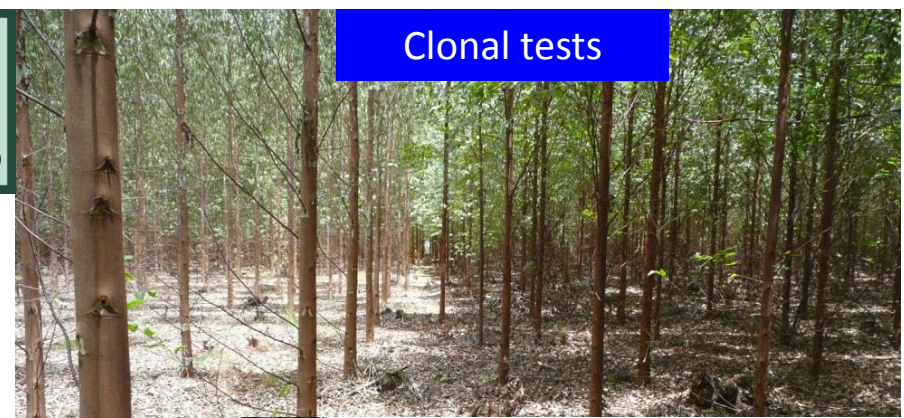
CO_2 , C
H₂O
N, P K, Na, ...



O site de Itatinga



Clonal tests



Rainfall
exclusion



Eddy covariance site
« EUCFLUX » Project



Mixed-species plantations
(vs monocultures)

Pesquisas integradas

Estudos realizados em diferentes escalas

Celulas, folhas, tronco, raízes, ... (mm – m) ;

Arvores e Plantações ... (m - ha) ;

Paisagem e bacias hidrográficas ... (ha - km²)

Com vários parâmetros ...

Genotipo (híbridos, clones, mistura)

Silvicultura (No/ha, insumos, rotação, ...);

Precipitação; solo e histórico, ...

E sensores específicos para CO₂, C, H₂O, N, P, K, Na,

Para modelagem das interações “plantações x meio ambiente”

Ciclo de carbono e de água nas plantações



O dispositivo de torre de fluxo

Incident Shortwave e
long-wave IR radiation

Net radiation

Rainfall

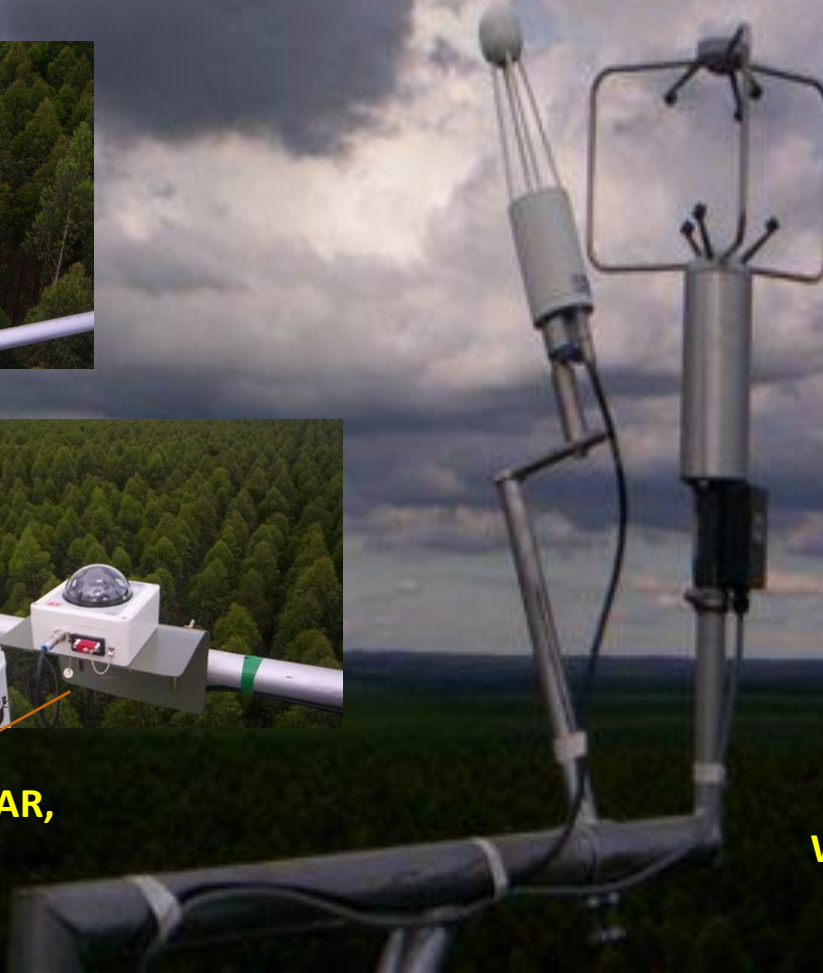
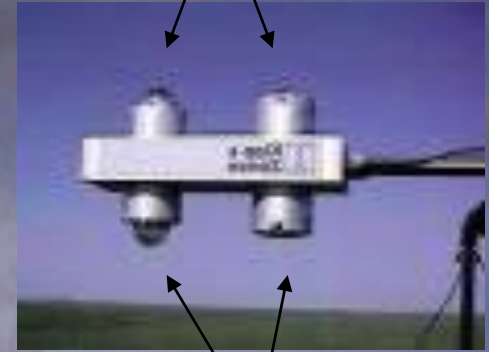
LI7500
[CO₂], [H₂O], 20hz

3D Sonic anemometer
U, V, W, T (20Hz)

Reflected Shortwave radiation
and outgoing longwave IR
radiation

Diffuse PAR, Direct PAR,
Total PAR

Wind speed, T_{air}, Air
relative humidity

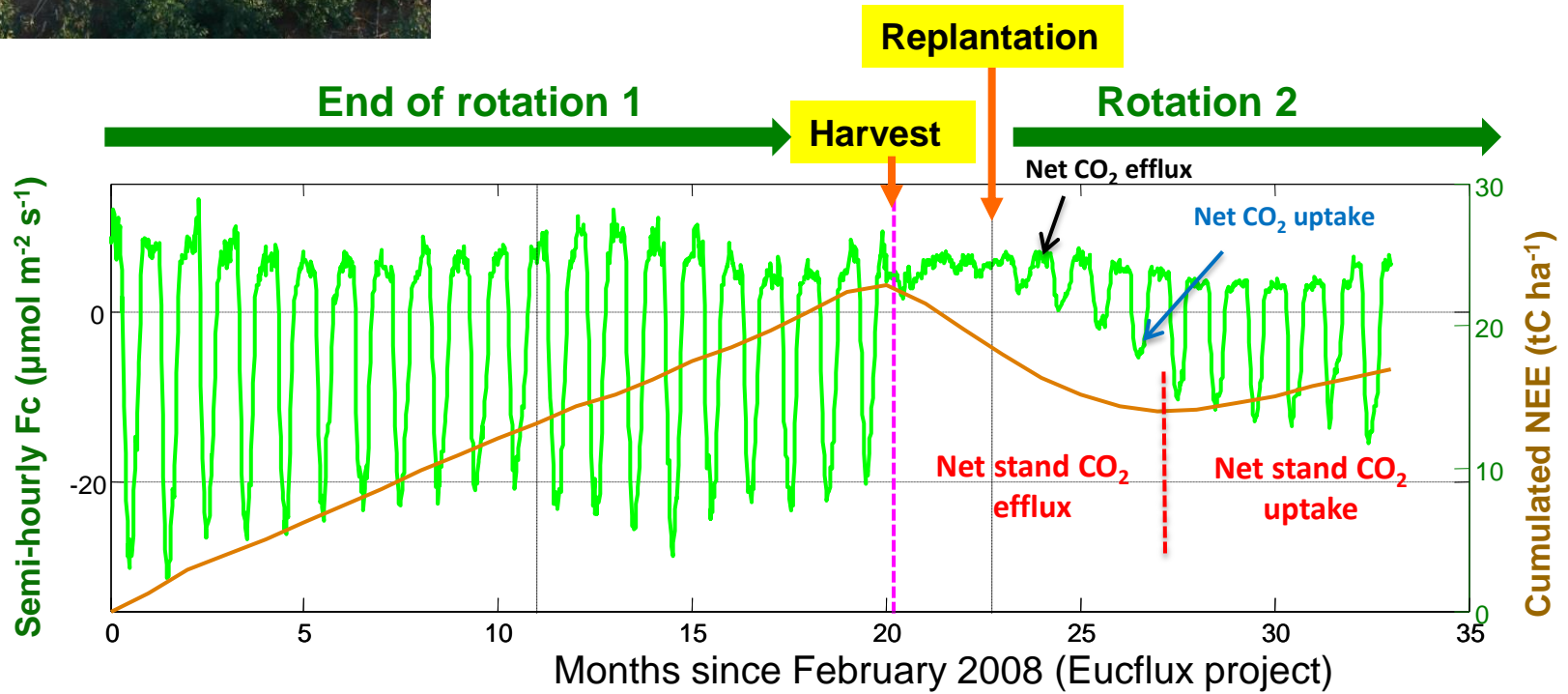
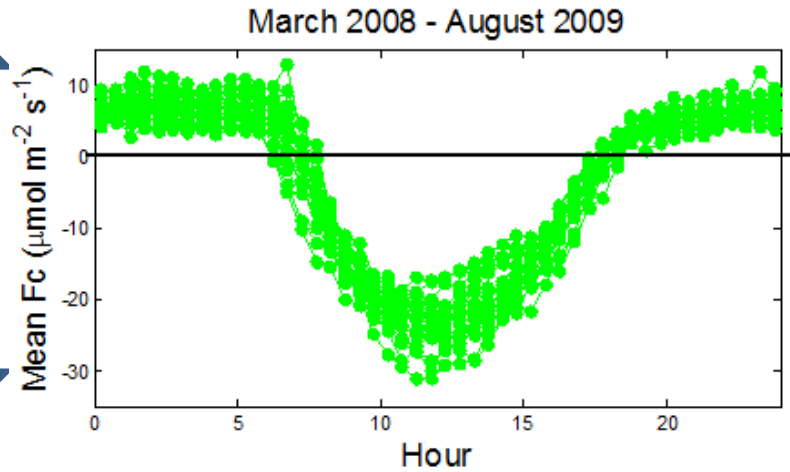
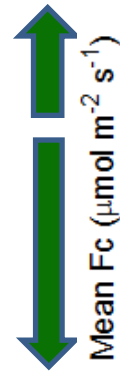




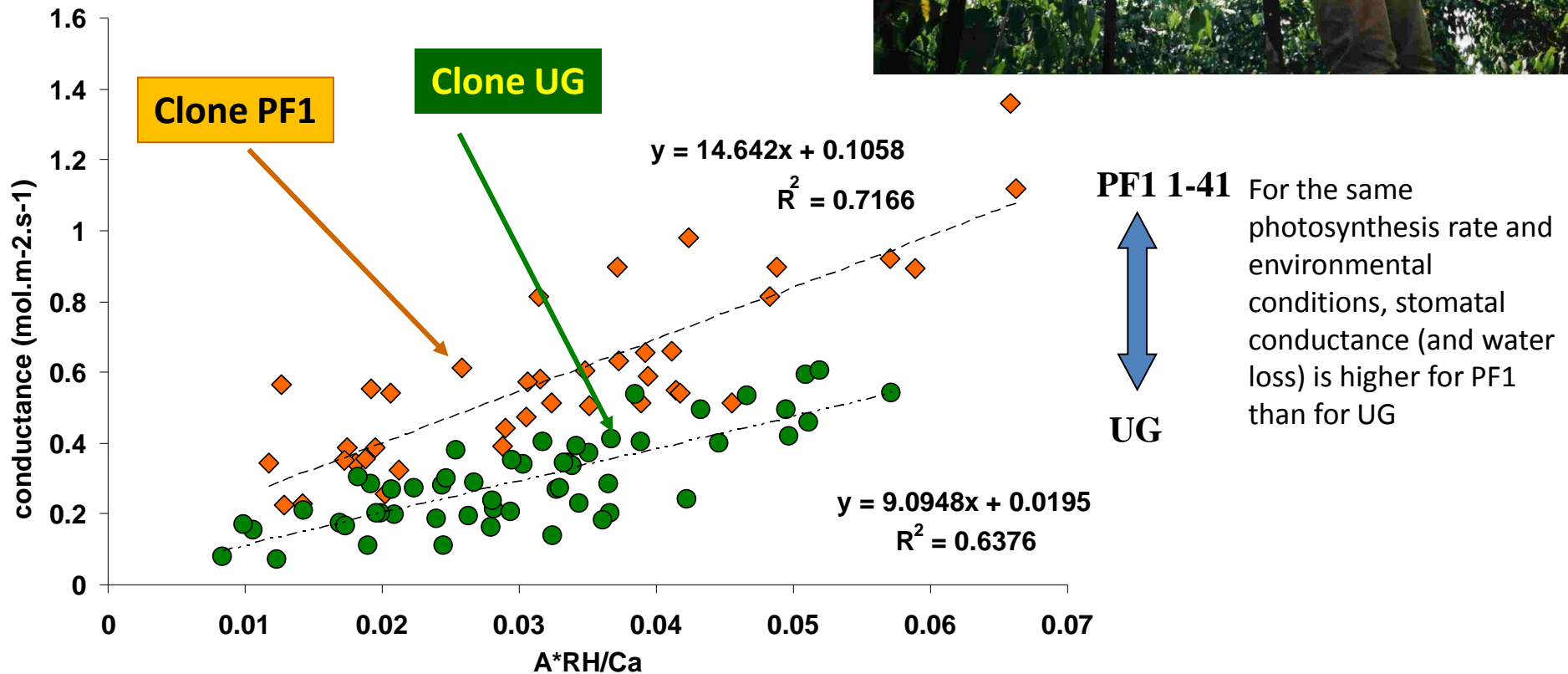
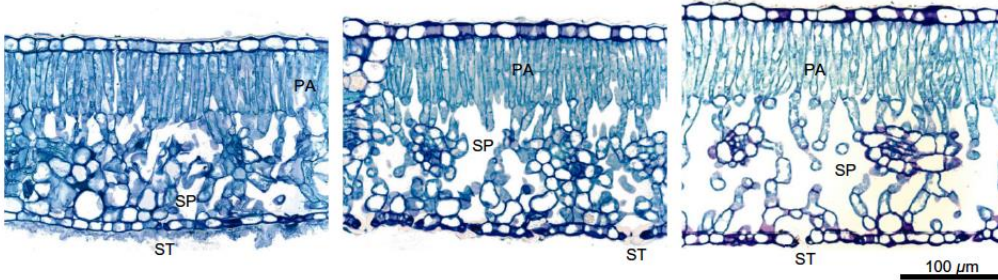
Eddy covariance method

Net CO₂
efflux

Net CO₂
uptake



Estudos em folhas



- The two clones have different intrinsic WUE_i (A/g_s)
- WUE_i of UG > WUE_i of PF1
- These differences in WUE_i are corroborated by measurements of leaf $\delta^{13}C$

estudos sobre o fluxo de seiva



Sap flow measurements
(1-3 yrs after planting)



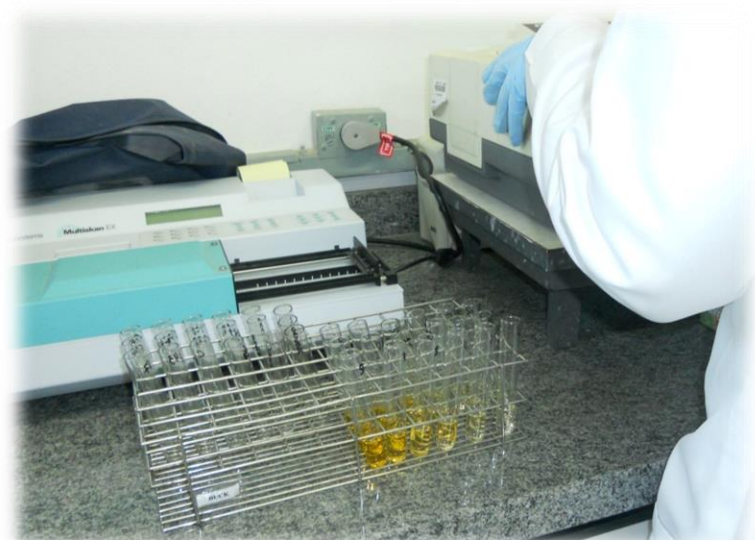
Phloem sap sampling
(every 3 months)



Leaf gas exchanges
and leaf water relations



Leaf tagging and measurements

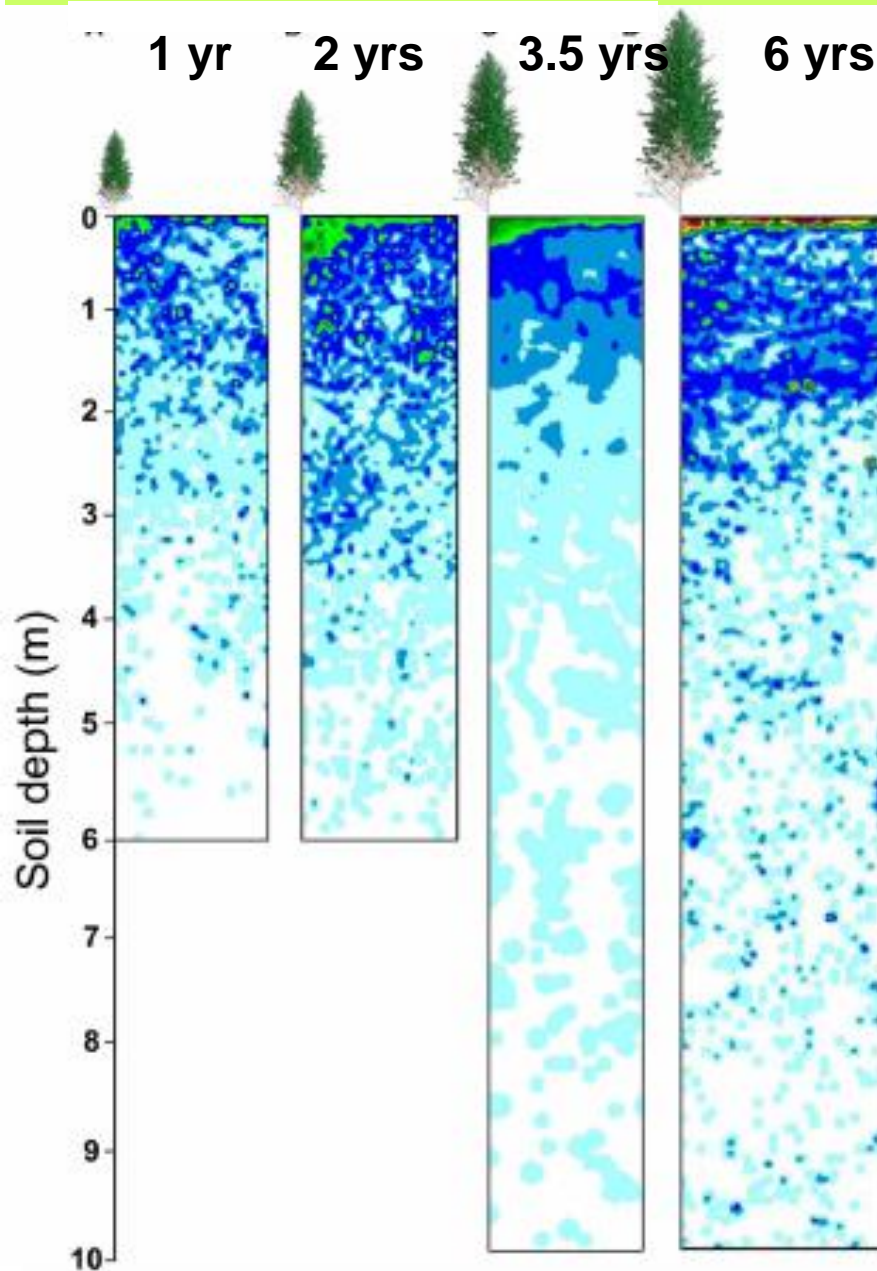


Sugar, starch and nutrient concentrations

estudos sobre solo e raízes de ate 10 metros



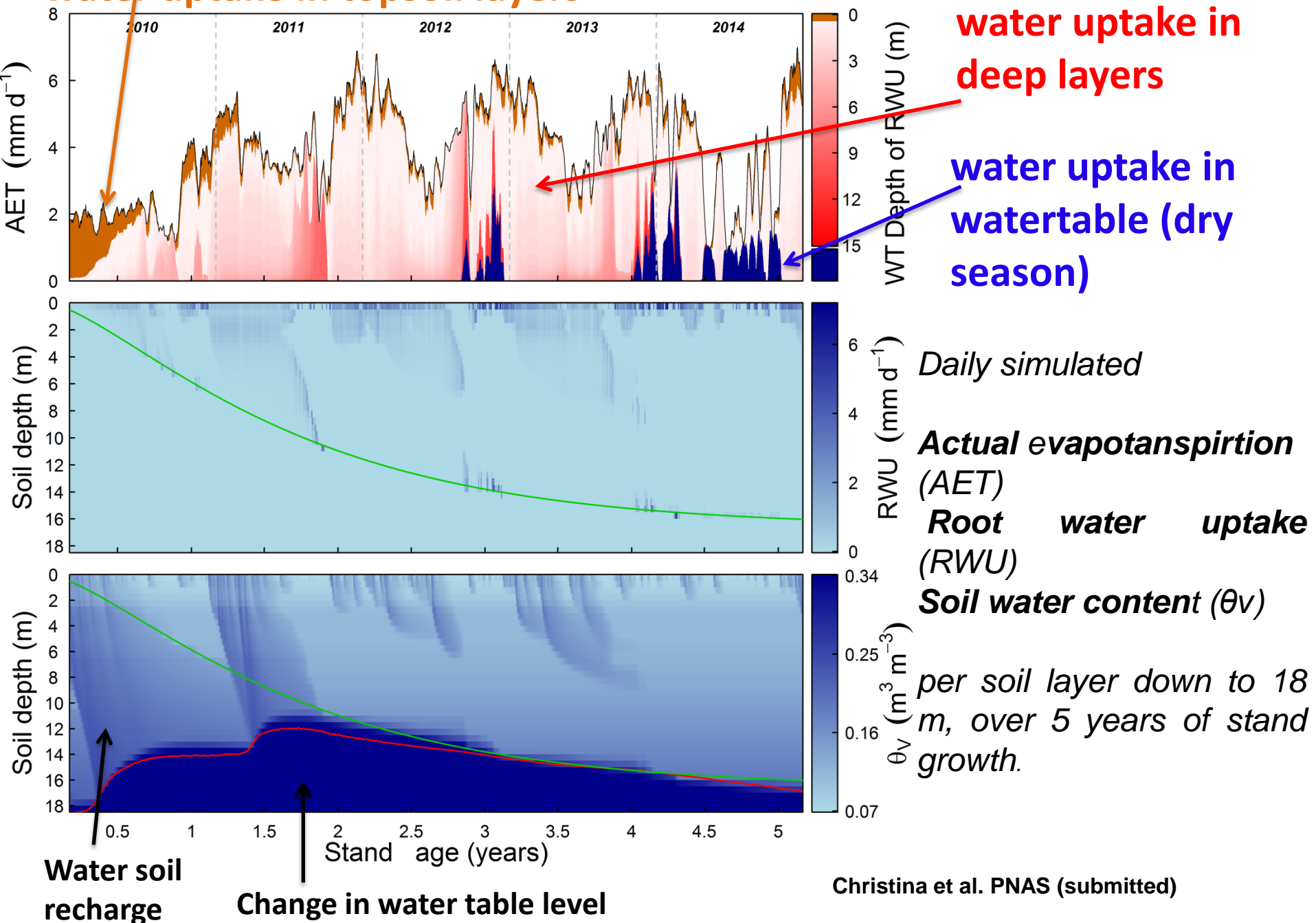
Desenvolvimento radicular muito rápido até profundidades > 10 m



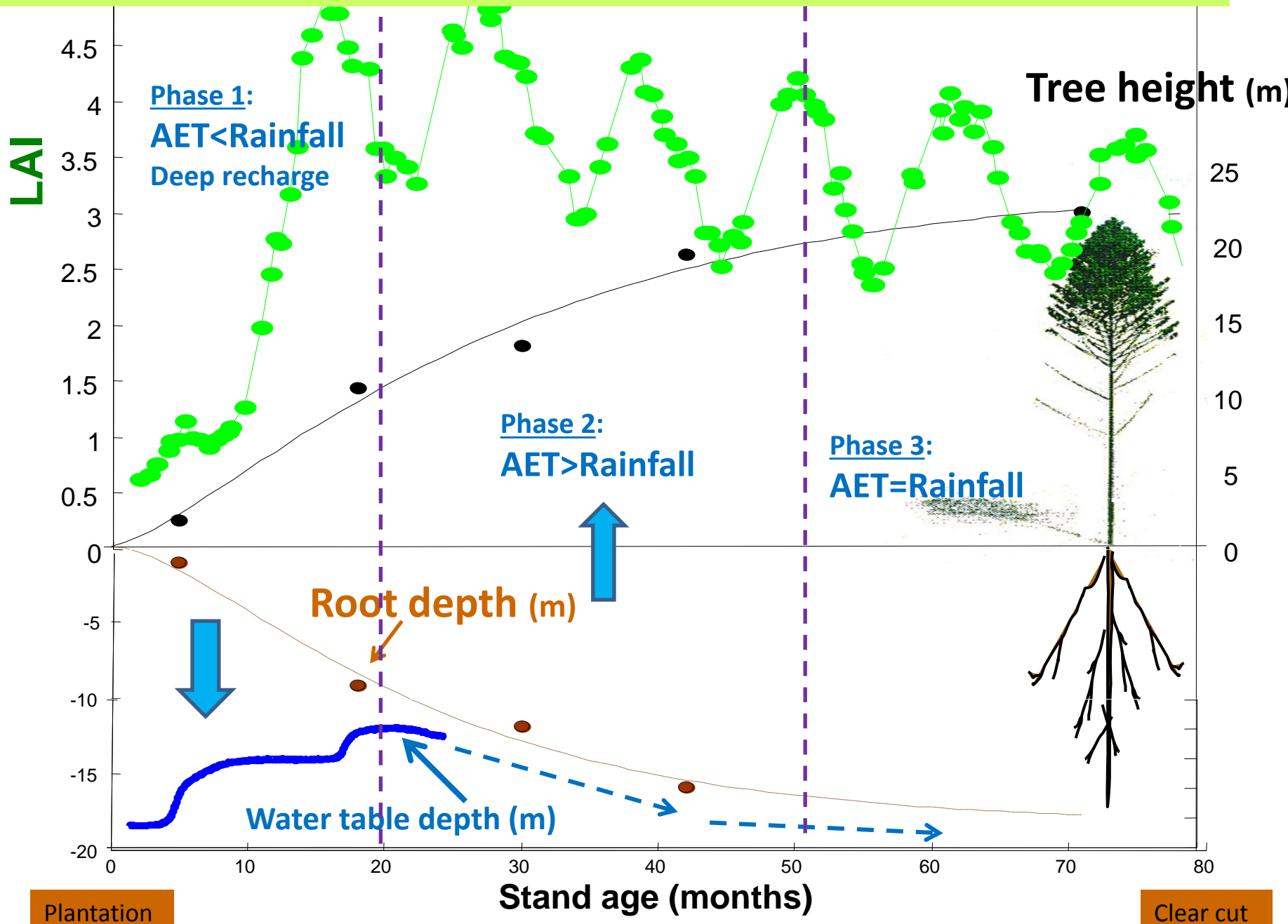
Fine root densities (FRD)

(# fine root intersects in a 25 cm² area of trench wall)

water uptake in topsoil layers



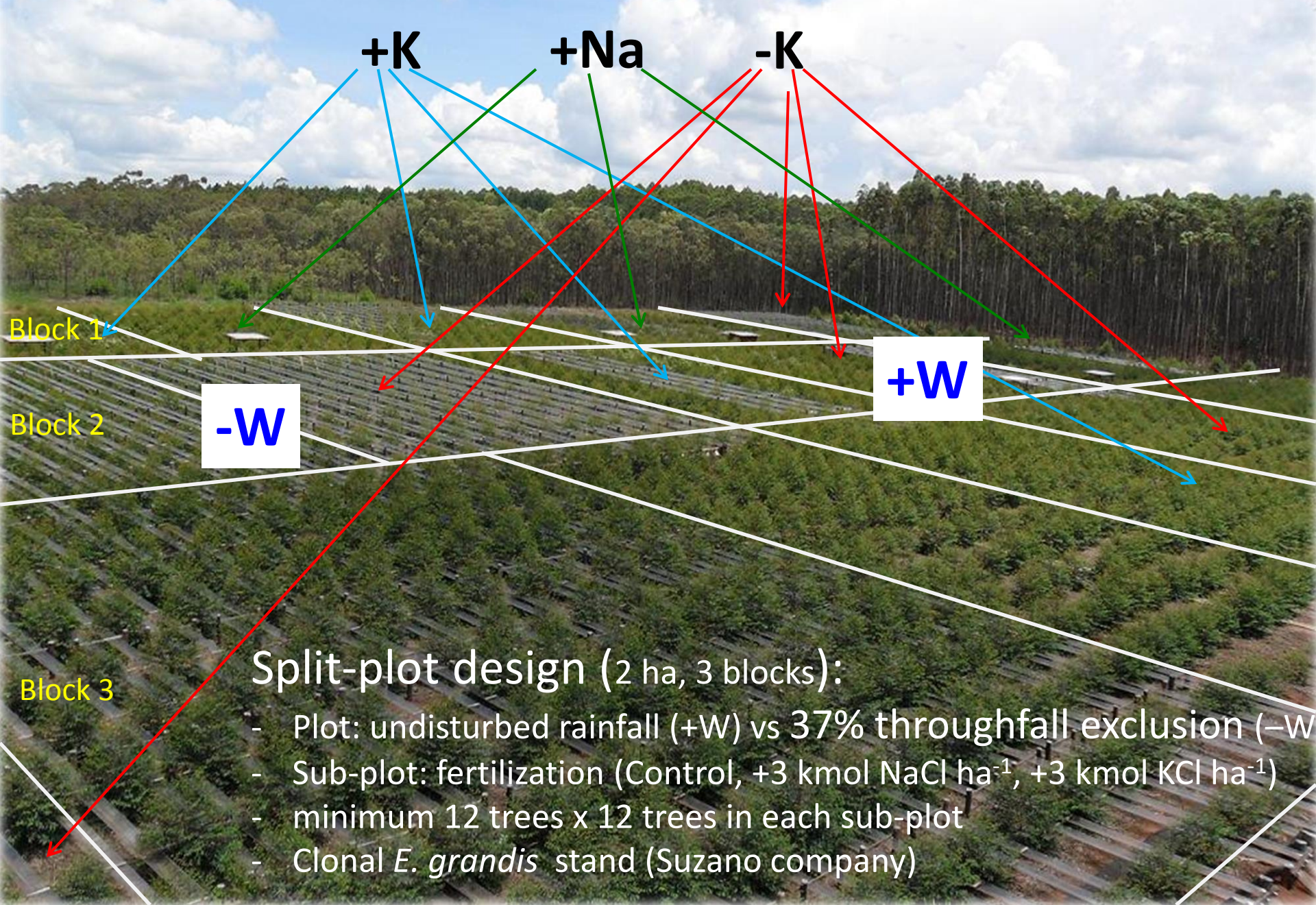
Water balance: very dynamic throughout a rotation



interações entre chuvas e fertilizantes nas plantações



O dispositivo experimental de exclusao da chuva



Fluxes of nutrients in solution

Throughfall



Atmospheric deposition



Stemflow



Soil solutions (→ 6m depth)



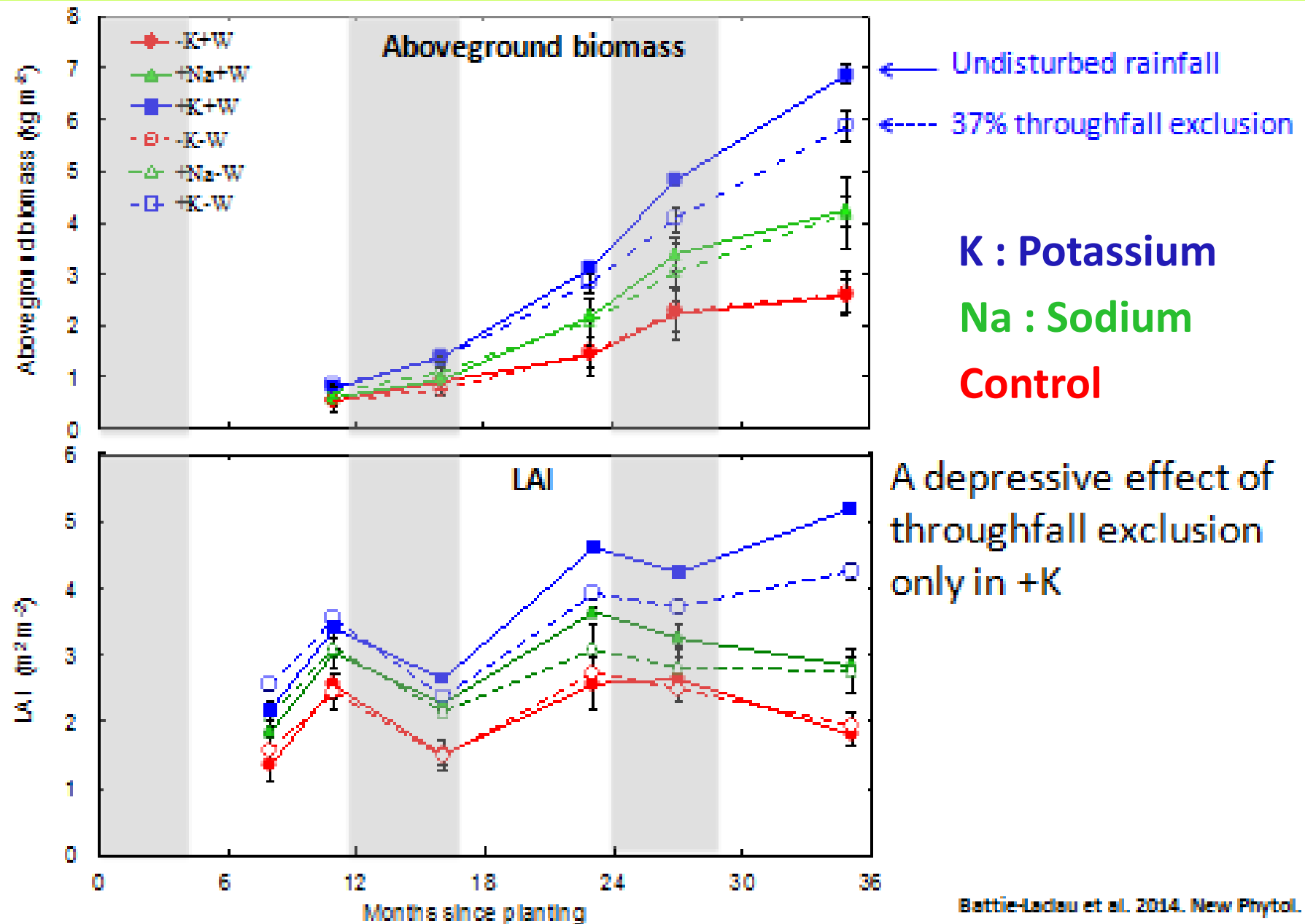
Soil solutions collection



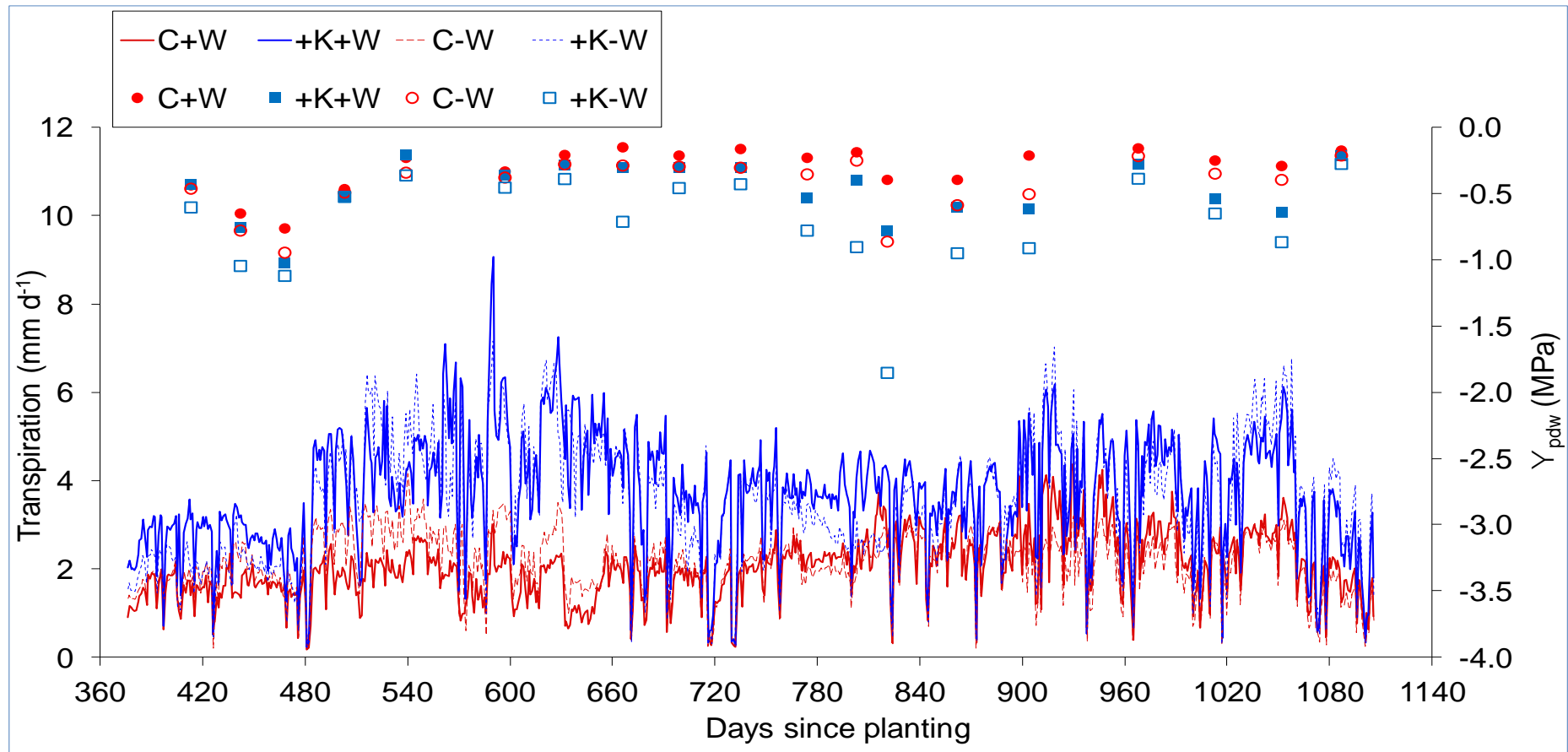
Soil moisture monitoring (→ 17m depth)



Efeito das Interações Água x K, Na no crescimento das arvores.



Transpiração das árvores é 70 % mais elevada em parcelas com K



Mean annual transpiration:

739 mm yr⁻¹ in -K-W, 774 mm yr⁻¹ in -K+W vs
1278 mm yr⁻¹ in +K-W, 1351 mm yr⁻¹ in +K+W

As sinergias entre solo, chuva, seca, genotipo e fertilisantes :

Adubação de K melhora a produtividade e a resposta estomática, mais pode levar a riscos de falha hidráulica durante a seca.

K pode ser substituída em alguns casos por Na mais barato.

Profundidade do solo é uma variável importante a considerar em plantações florestais.

Consequências para o manejo das plantações de eucalipto em um contexto de mudanças climáticas



Pesquisas sobre plantações mistas

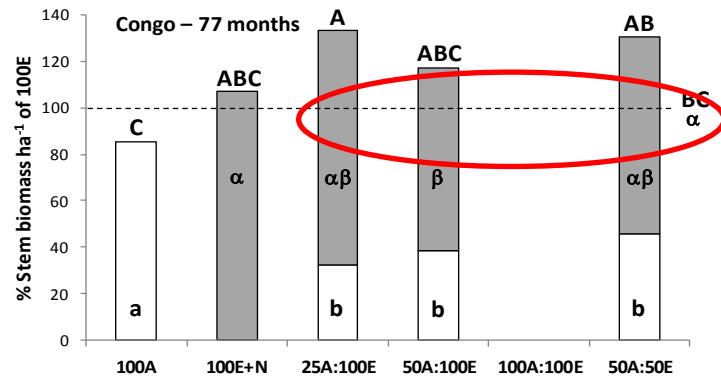
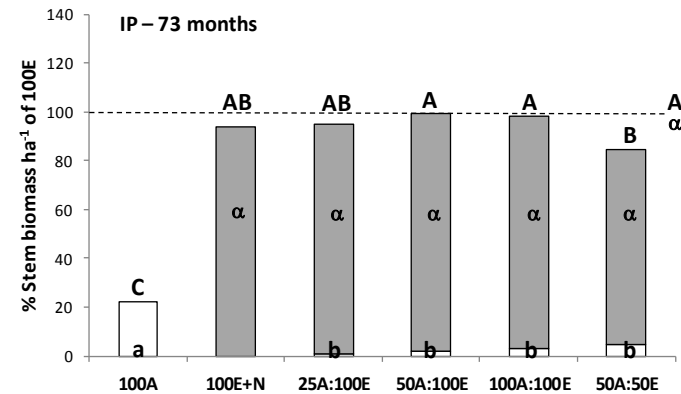
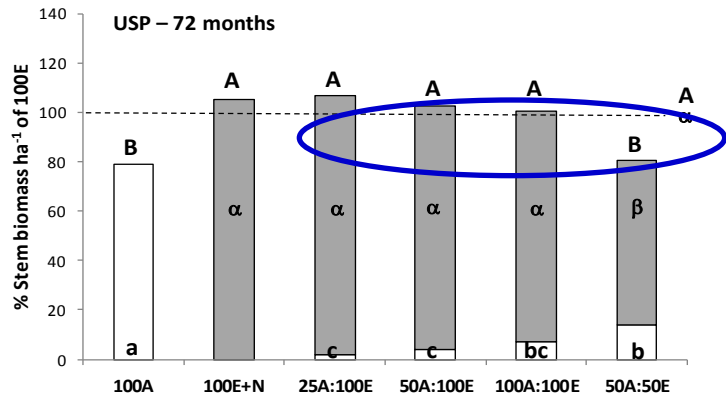
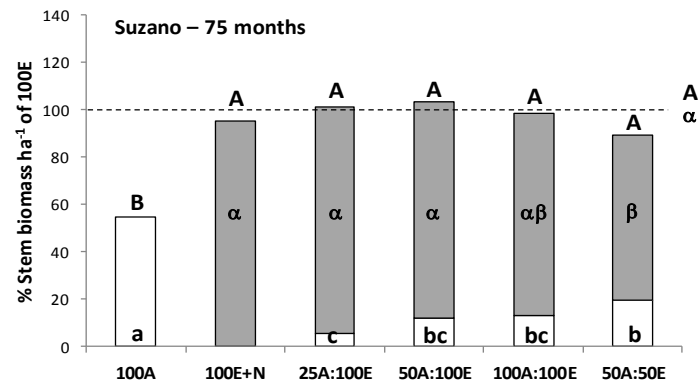
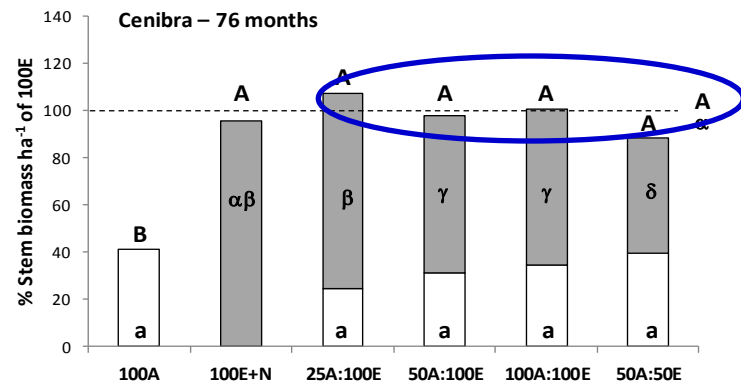
**Associações de eucalipto e acácia :
reduzir os riscos e garantir
a produtividade global**





ILPF : Integração Lavoura Pecuária Floresta,

world congress on integrated
crop-livestock-forest systems
3rd International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems
towards sustainable intensification • brasilia • brazil • 2015





 *Eucalyptus*

 *Acacia*

Optimal conditions for Eucalyptus growth
 No more complementarity because of water limitation
 → production of mixture = monocultures

Sub-optimal conditions (high T^{res} and air H%):
 lasting complementarity and facilitation
 → + 15 - 35% production in mixture than monoculture

**Eucalyptus + acacia at
harvest (6 years of age)**

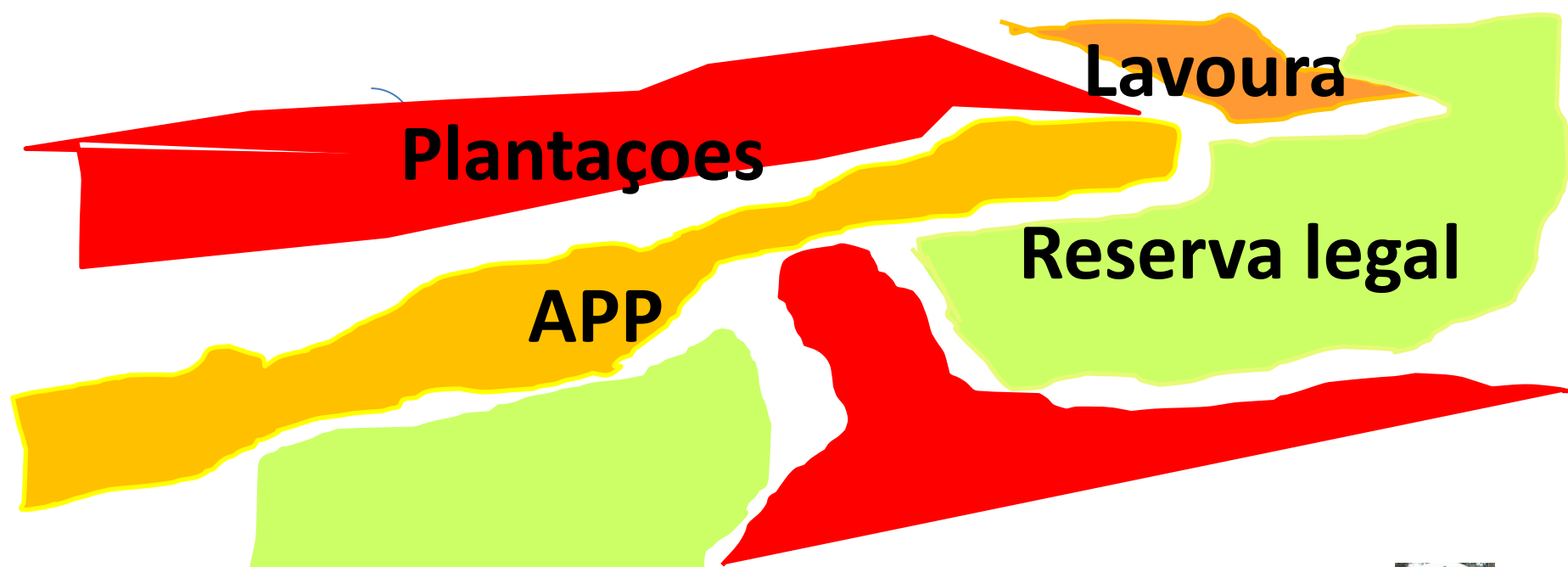
Modelagem em escala regional do crescimento e balanço de carbono de plantações florestais



Modelagem em escala regional do crescimento e balanço de carbono de plantações florestais



Modelagem em escala regional do crescimento e balanço de carbono de plantações florestais



Modelagem, ferramentas para auxiliar na análise de paisagens ecoeficientes ?

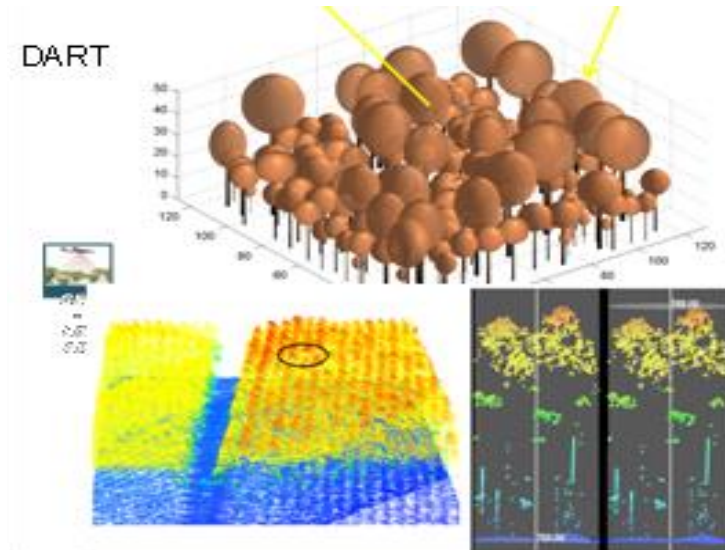
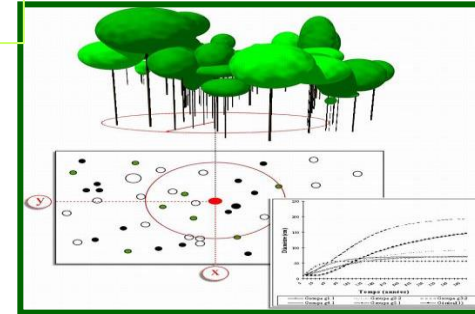
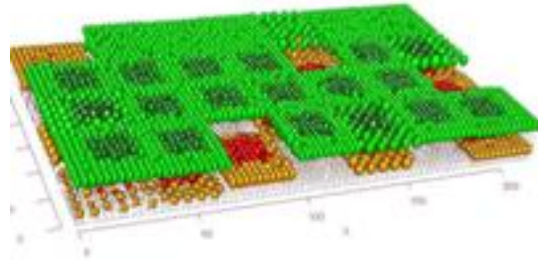
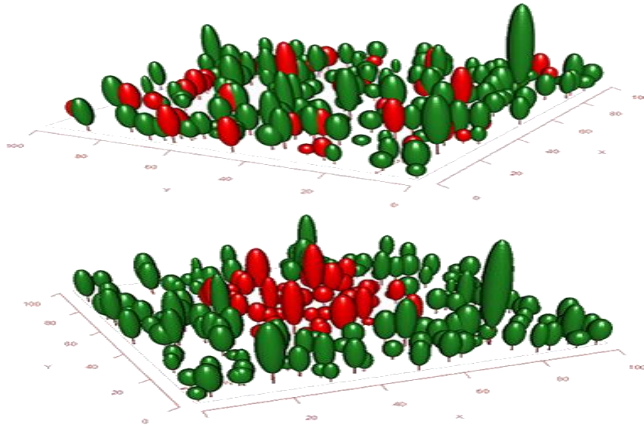
Uso de **imagens de satélite** (Landsat, MODIS, CBERS, DEIMOS, através de algoritmos de fusão);

Uso de **modelagem** : modelos adequadas para várias escalas:

- **G'DAY** : modelo que simula o orçamento de energia do stand, e suas interações com o carbono, água e balanços de azoto;
- **Century** : Modelo para o equilíbrio de carbono no solo;
- **Maestra e Maespa** : Modelo de absorção de radiação do dossel da floresta, a fotossíntese e balanço hídrico;
- **Dart** : Modelo de transferência radiativa para simular a interação entre os raios de luz e cobertura vegetal;

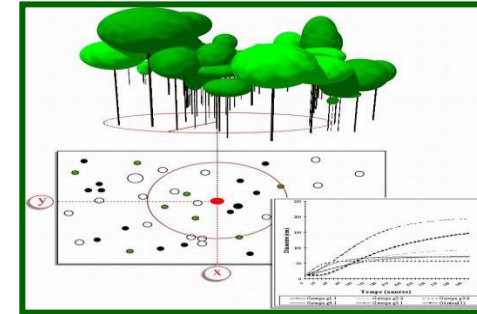
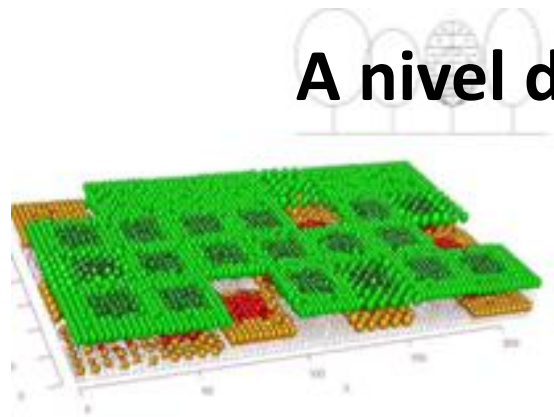
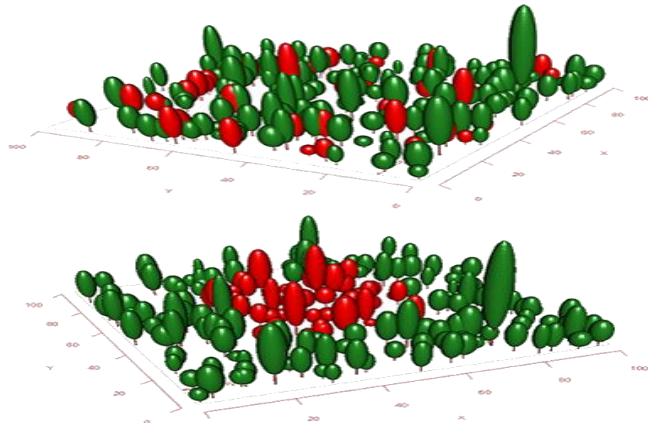
De modelos de pesquisa ate ferramentas operacionais ...

A nivel da plantação

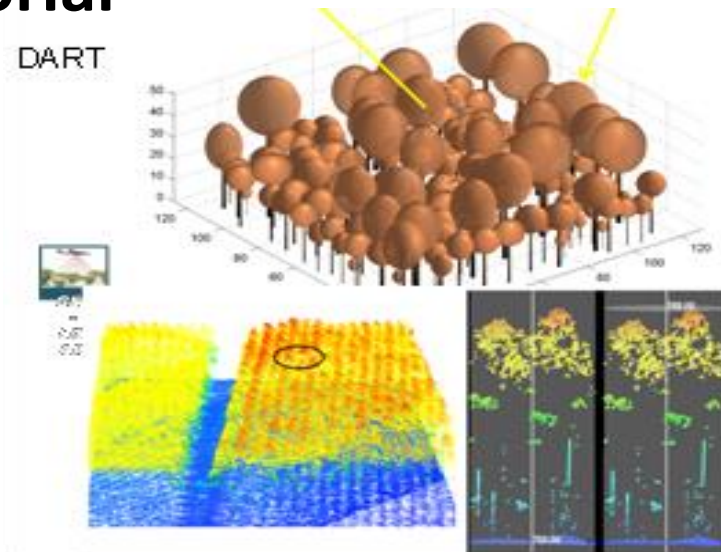
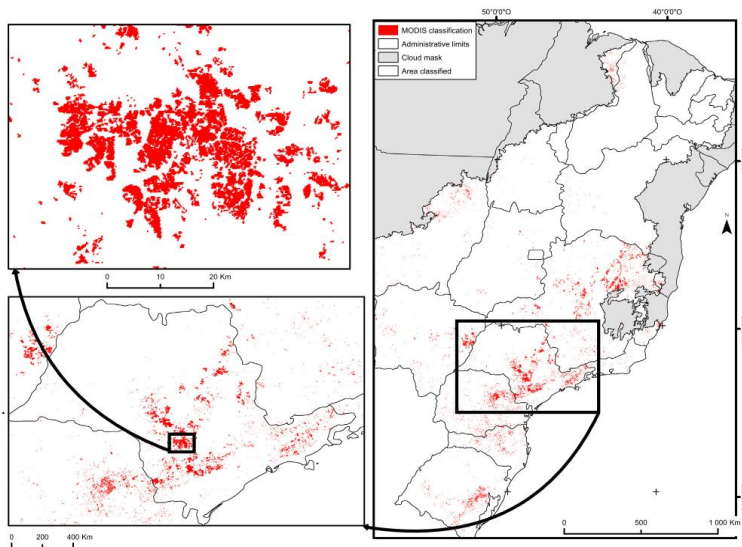


De modelos de pesquisa ate ferramentas operacionais ...

A nível da plantação



A nível territorial



Resultados utilizáveis para pequenas plantações ? 1

Zoneamento : Interações solo, clima, genótipos;

Uso otimizado de fertilizantes;

Avaliação do risco: produtividade x sobrevivência;

Ordenamento do território (paisagens eco-eficientes ?)

Avaliação de carbono (PSA ?)

Impacto sobre recursos hídricos (zoneamentos ?)

Resultados utilizáveis para pequenas plantações ? 2

Outros tipos de plantações (misturas , iLPF, SAF, .);

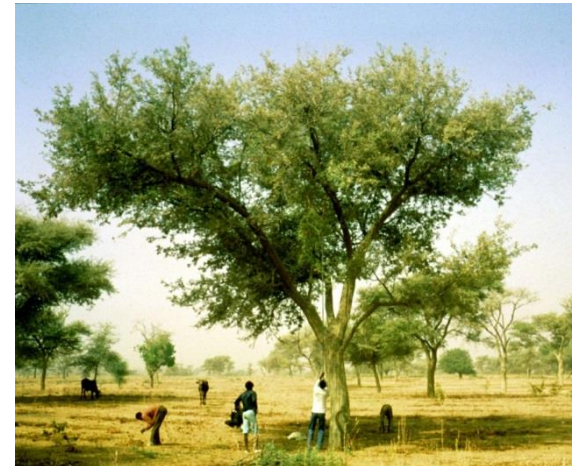
Outras espécies florestais (teca, mogno, paricà, pinus..)

**Transferência de tecnologia e capacitação
(*Embrapa, Emater, institutos florestais, SFB, ...*);**

**Aspectos de apoio economico e financeiro para o
pequeno produtor**

Obrigado

Thank you



<http://brazil.cirad.fr>